

ビワのファイトアレキシン, aucuparin, の抗菌性について*

野中 福次・牧角 啓一・森田 昭**

(植物病理学教室)

昭和 57 年 7 月 30 日 受理

Antimicrobial Activity of the Phytoalexin, Aucuparin, of Loquat Plant

Fukuji NONAKA, Keiichi MAKIZUMI and Akira MORITA**

(Laboratory of Plant Pathology)

Received July 30, 1982

Summary

Aucuparin, one of the phytoalexins of loquat plant, was detected in its cortical layer inoculated with spore suspension of *Colletotrichum lindemuthianum* 24 hr after the incubation. Aucuparin in the diffusate from cortical layer was identified by a ultra-violet spectrum with main peak at 273 nm and minor peak at 245 nm, and by antifungal activity at the Rf value of 0.75 on the plate of TLC bioautography with n-hexane: ethyl acetate: methanol (60: 40: 1, v/v). The spore germination rate and growth of germ tube for the non pathogenic fungi of loquat were inhibited still more strongly by aucuparin at the concentraton of 10–100 $\mu\text{g/ml}$ than those of the loquat pathogenic ones. Similarly the aucuparin at the concentration of 25 $\mu\text{g/ml}$ did not suppress the cell multiplication of pathogenic bacteria, *Pseudomonas syringae* pv. *eriobotryae*, but completely that of the non pathogenic one. As the result it was confirmed that the aucuparin had also the specificity for the antimicrobial activity similar to that of a number of other phytoalexins.

結 言

マメ科植物を始め草本植物のファイトアレキシンについては、現在まで多くの研究がなされ、数多くのファイトアレキシンが単離されている²⁾。これに対し、樹木のファイトアレキシンについての研究は比較的少なく、日本においても、クワのファイトアレキシンである moracin A, B¹⁴⁾ が知られているくらいである。筆者らは九州における特産果樹であるビワのファイトアレキシンについていくつかの研究^{3, 4, 9)}を行ない、そのファイトアレキシンが aucuparin であることを先に報告¹⁵⁾した。本研究はその継続実験で、aucuparin をビワ樹枝じん皮部から抽出、同定し、その抗菌性を糸状菌と細菌について検討したものである。

実験材料および方法

供試ビワ樹枝 ビワ品種は茂木種で、その1年生樹の夏枝（直径 0.5~1.0 cm）を採取して約

* 本論文の要旨は昭和57年4月の日本植物病理学会で発表した。

** 長崎県果樹試験場, Nagasaki Fruit-Tree Experiment Station

5 cm に切り、これを縦に2分割して内側の木質部を除き、外側のじん皮部を材料として用いた。

病原菌の接種による抗菌物質の生成 インゲンマメ炭そ病菌 (*Colletotrichum lindemuthianum*) の孢子浮遊液をビワじん皮部の内側に接種し、湿度100%、温度 25°C で24時間静置した。この処理によりじん皮部に生成された抗菌物質を浮遊液中に滲出させ、これを回収して遠沈し、抗菌物質滲出液を得た。

抗菌物質滲出液の抗菌性検定 従来から行なわれている孢子包埋寒天ブロック法^{7,8)}により、インゲンマメ炭そ病菌分生孢子の発芽に対するこの滲出液による阻害を、1試験区当り 300~500 個の孢子について測定した。

抗菌物質の抽出・純化と aucuparin の同定 抗菌物質の抽出・純化法を示したのが Fig. 1 である。滲出液を回収した後のじん皮部を80%エタノールに20時間浸漬して、じん皮部内に生成された抗菌物質を抽出し、このエタノール抽出液を水に置換した。この抽出液と上記の滲出液を合わせ、この中の抗菌物質を石油エーテルで再度抽出し、薄層クロマトグラフィー (TLC) により純化を行なった。すなわち、シリカゲル G (Merck 社製) の薄層板 (厚さ 0.5 mm) を用い、展

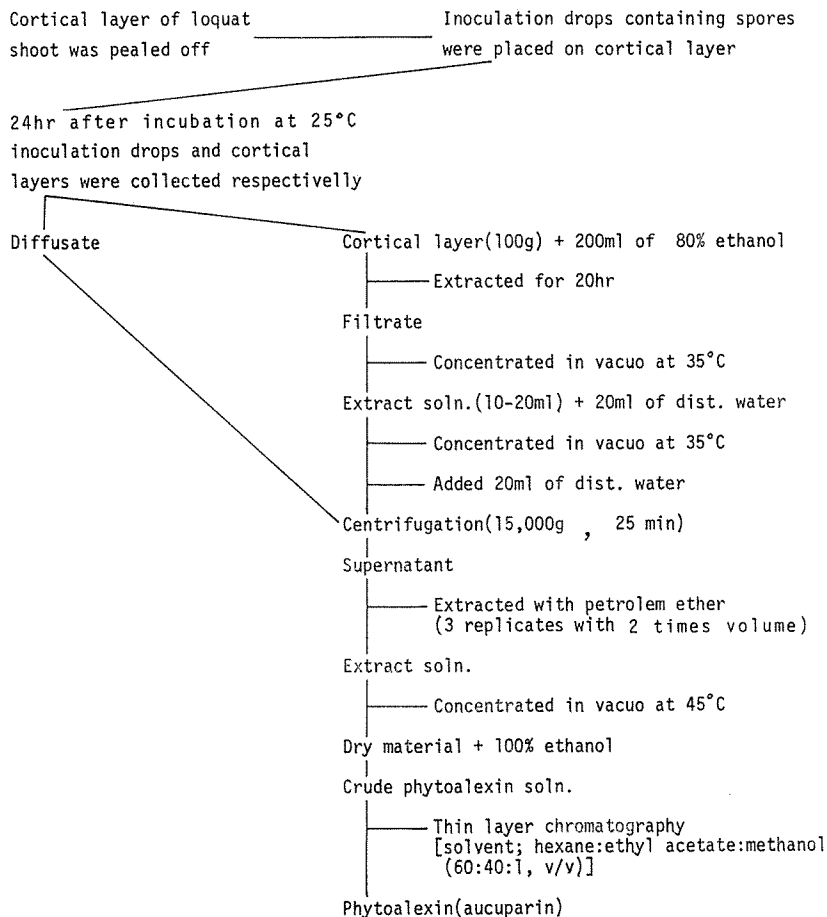


Fig. 1. Extraction procedure of loquat phytoalexin, aucuparin, from its cortical layer inoculated with *Colletotrichum lindemuthianum*.

開液〔ヘキサン：酢酸エチル：メタノール＝60:40:1 (v/v)〕で展開後，Rf 値0.75のスポットを採り，エタノールで溶出した。

エタノール溶出液中の抗菌物質を同定するため，この液の紫外吸収スペクトルを測定し，既報¹⁵⁾の aucuparin のそれと比較した。

Acuparin の糸状菌と細菌に対する抗菌力の検定

1. 濃度を異にする aucuparin 液による抗菌力の検定： aucuparin が示す吸光度の極大値 273 nm をもとに，その吸光度が 0.2, 0.6, 1.0, 3.0 となるような孢子発芽用試験液（2% エタノールを含む）を作り，これらの aucuparin 濃度を異にする液での孢子発芽の比較を，前記の発芽試験の方法に準じ，インゲンマメ炭そ病菌の分生孢子について行なった。

2. 孢子発芽に対する阻害試験： 各種糸状菌の孢子発芽および発芽管長に対する aucuparin の阻害を，前記の孢子発芽試験の方法に準じて検定した。発芽率については各試験区とも約 600 個の孢子について，また，発芽管長については長いものから 150 個についてそれぞれ測定した。

3. TLC プレートカルチャーによる検定： 前記と同様の TLC 薄層板（大きさ 5×20 cm）に，aucuparin エタノール液 3 ml（濃度 15 μg/ml）の濃縮液をスポットして，同じ展開液で展開した。次に，風乾により展開液を除去した後，イネごま葉枯病菌 (*Cochliobolus miyabeanus*) の分生孢子添加 PDA 培地 (50°C) を薄層板全体に噴霧，25°C，湿度 100% の条件下で 3～5 日間培養し，Rf 値 0.75 の部位に aucuparin による菌糸伸長阻害が現われるかどうかを調べた。また，同様のプレートを展開，乾燥後，これに 20% 硫酸を噴霧し，120°C で 15 分間加熱処理して，プレート上の有機物 (aucuparin) の有無を調べた。

4. 振とう培養による検定： ジャガイモ煎汁半合成液体培地〔ジャガイモ 100 g, Ca (NO₃)₂·4H₂O 0.5 g, Na₂HPO₄·12H₂O 2 g, ペプトン 1.6 g, ショ糖 6.6 g, 水 1,000 ml〕3 ml に，各種植物病原細菌 (Table 5) を約 10⁷～10⁸ cell/ml となるように加え，さらに，この培地に aucuparin をその濃度が 25 μg/ml となるように，また，エタノールをその濃度が 2% になるように，それぞれ添加し，25°C で 24 時間振とう培養を行ない，培養前後の細菌数を段階希釈によるコロニー計数法で計測し，aucuparin による増殖阻害度を検定した。

5. カップ法による検定： ジャガイモ煎汁半合成寒天培地に各種植物病原細菌 (Table 6) を 10⁸ cell/ml となるように加えてプレートし，この上に，各濃度の aucuparin (10, 50, 100 μg/ml) を入れたカップ（直径 8 mm）を置き，そこに形成される阻止円の直径を測定した。

結 果

抗菌物質滲出液の孢子発芽に対する阻害作用 Table 1 に示すように，5 回の試験結果より，対照区（水）での発芽率が平均 88% であったのに対し，抗菌物質滲出液では 36% であった。このことから，抗菌物質滲出液は孢子発芽を対照区に比べ 50% 以上抑制することが確認された。

生成 aucuparin の同定 抗菌物質滲出液から aucuparin の抽出を行ない，TLC で展開し，Rf 値 0.75 のスポットを採り，エタノールで溶出し，その紫外吸収スペクトルを示したものが Fig. 2 (D) である。この曲線は 273 nm に極大値，245 nm に極小値を有しており，aucuparin が示す吸収曲線¹⁵⁾と一致した。これに対し，対照として殺菌水をビワじん部に置き，同様の抽出を行なったものからは特定の吸収を示す曲線は得られなかった。なお，aucuparin の構造式を示したものが Fig. 3 である。

Table 1. Inhibition of diffusate from loquat cortical layer inoculated with *Colletotrichum lindemuthianum* to its spore germination

Replication	Spore germination rate in	
	Diffusate	Water
1	42 (%)	85 (%)
2	30	87
3	31	90
4	32	88
5	45	92
Mean	36 (%)	88 (%)

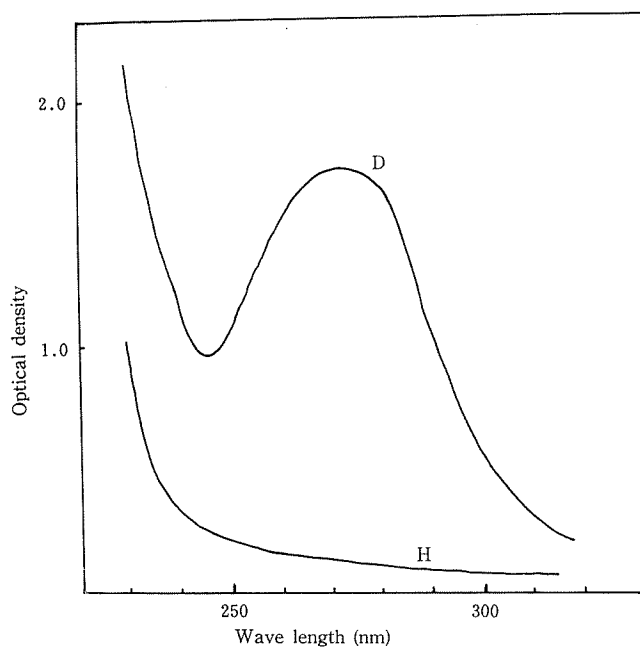
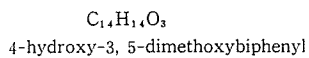
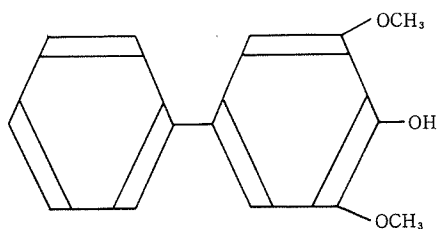
Fig. 2. The ultraviolet adsorption spectra of extracts from loquat cortical layer inoculated with *Colletotrichum lindemuthianum* (D) and from not inoculated layer (H).

Fig. 3. The structure of aucuparin.

Aucuparin の抗菌性

1. 濃度を異にする aucuparin 液が示す抗菌力: aucuparin の含有濃度を異にする発芽用試験液でのインゲンマメ炭そ病菌の胞子発芽を示したものが Table 2 である. 発芽に対する阻害

Table 2. Relation between the concentration of antimicrobial compound and its inhibition to the spore germination of *Colletotrichum lindemuthianum*

Compound conc.	Germination rate (%)	Germ tube length (μm)
3.0 ^{a)}	15 (17)	11 (9)
1.0	40 (46)	51 (41)
0.6	57 (66)	82 (66)
0.2	80 (93)	119 (95)
2% ethanol	86 (100)	125 (100)

a) Optical density at 273 nm

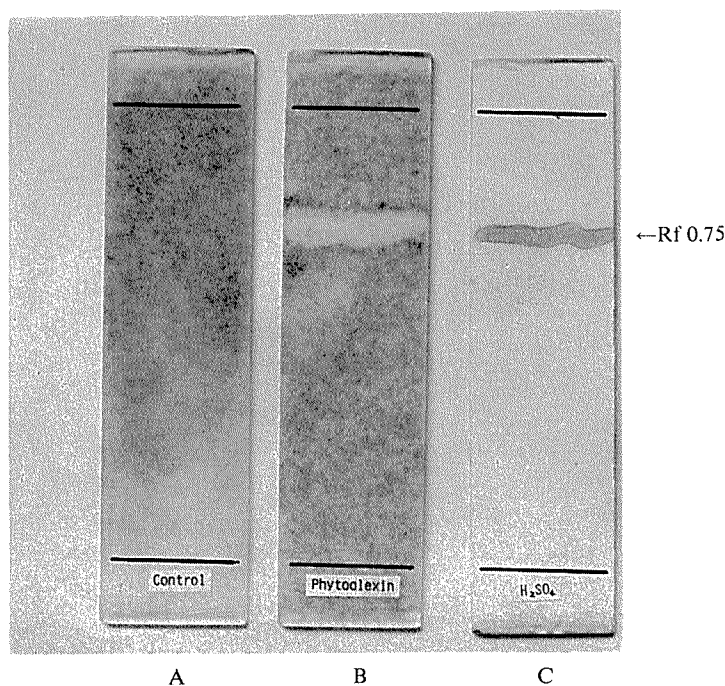


Fig. 4. Confirmation of loquat phytoalexin, aucuparin, by plate culture on TLC (Thin-layer chromatographic bioassay of extracts from cortical layer of loquat shoot inoculated with *Colletotrichum lindemuthianum*).

Extracts were spotted on TLC plate and it was developed with hexane: ethyl acetate: methanol (60:40:1, v/v) before spraying inoculation with spores of *Cochliobolus miyabeanus*. Plate A shows bioassay of extract from not inoculated cortical layer (control). Plate B shows that of inoculated cortical layer and light area (Rf: 0.75) denotes antifungal activity (test plate). Plate C shows the position of a organic compound (aucuparin) as the black area by hydrolysis with 20% H_2SO_4 on the same plate as B without inoculation.

がその濃度に比例して認められ、発芽管長について比較すると、aucuparin を含まない対照区では $125\ \mu\text{m}$ であったのに対し、吸光度3.0の濃度では $11\ \mu\text{m}$ であり、阻害度は対照区の10分の1であった。

2. 糸状菌に対する阻害

1) TLC プレートカルチャーの場合: Fig. 4 に示すように、aucuparin を展開したプレートの Rf 値0.75の部位に菌糸伸長を阻止した明瞭な白色部が現われ、また、同様に展開したプレートを20%硫酸で処理、加熱したものでは、同一部位に黒色の変色帯がみられて、有機物、すなわち、aucuparin の存在が想定できた。これに対し、対照区ではこのような変色部はみられなかった。

Table 3. Inhibitory action of aucuparin against spore germination of plant pathogenic fungi

Fungi tested	Concentration of aucuparin ($\mu\text{g}/\text{ml}$)				ED ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
	0	10	50	100	
<i>Pestalotia funerea</i> ^{a)}	95 (100) ^{b)}	90 (95) ^{c)}	63 (66)	34 (41)	82.0
<i>Botrytis</i> sp. ^{a)}	88 (100)	85 (96)	72 (82)	29 (33)	82.0
<i>Botrytis cinerea</i> ^{a)}	86 (100)	85 (99)	70 (81)	25 (29)	79.5
<i>Glomerella cingulata</i>	85 (100)	58 (68)	40 (47)	1 (1)	43.5
<i>Cochliobolus miyabeanus</i>	84 (100)	50 (57)	22 (26)	0 (0)	21.5
<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>pisi</i>	99 (100)	55 (56)	15 (15)	2 (2)	15.5
<i>Cladosporium fulvum</i>	91 (100)	48 (53)	12 (13)	0 (0)	12.0
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	90 (100)	45 (50)	28 (31)	0 (0)	10.0
<i>Alternaria kikuchiana</i>	87 (100)	42 (49)	20 (23)	0 (0)	10.0

a) Parasitic fungi of loquat plant

b) Figures indicate spore germination rate (%) 24 hr after inoculation at 25°C

c) Figures in parentheses indicate percentage of spore germination rate in each concentration of aucuparin for that of the rate in water

Table 4. Inhibitory action of aucuparin against the growth of spore germ tube of plant pathogenic fungi

Fungi tested	Concentration of aucuparin ($\mu\text{g}/\text{ml}$)				ED ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
	0	10	50	100	
<i>Pestalotia funerea</i> ^{a)}	108 (100) ^{b)}	90 (83) ^{c)}	49 (45)	20 (18)	44.5
<i>Botrytis</i> sp. ^{a)}	97 (100)	94 (97)	70 (72)	25 (26)	74.0
<i>Botrytis cinerea</i> ^{a)}	105 (100)	100 (95)	65 (61)	24 (23)	65.0
<i>Glomerella cingulata</i>	96 (100)	67 (70)	24 (25)	5 (5)	27.0
<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>pisi</i>	167 (100)	96 (59)	57 (35)	10 (6)	25.0
<i>Cochliobolus miyabeanus</i>	176 (100)	98 (56)	42 (24)	0 (0)	18.0
<i>Cladosporium fulvum</i>	115 (100)	44 (38)	11 (10)	0 (0)	9.5
<i>Alternaria kikuchiana</i>	99 (100)	48 (48)	10 (10)	0 (0)	9.5
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	102 (100)	49 (48)	15 (15)	0 (0)	7.5

a) Parasitic fungi of loquat plant

b) Figures indicate length of spore germ tube (μm) 24 hr after inoculation at 25°C

c) Figures in parentheses indicate percentage of each length of spore germ tube in three concentration of aucuparin for the length in water

2) 胞子発芽阻害: aucuparin による各種糸状菌の胞子発芽に対する阻害を示したものが Table 3 である. 各菌とも aucuparin の濃度に比例して阻害を受けているが, その阻害は供試したビワの非病原菌 6 種のすべてに強く現われた. 発芽阻害に対する ED_{50} を比較すると, ビワの病原菌である灰斑病菌 (*Pestalotia funerea*) と芽枯病菌 (*Botrytis* sp.) では $82.0 \mu\text{g/ml}$ であったのに対し, 非病原菌のナシ黒斑病菌 (*Alternaria kikuchiana*) では $10 \mu\text{g/ml}$ であった. また, ビワにも病原性のある多犯性菌の灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea*) はビワの灰斑病菌と同様にあまり阻害されなかった.

発芽管の伸長に対する阻害を示したものが Table 4 である. この場合も発芽に対する阻害と同じ傾向がみられ, その ED_{50} についてみると, ビワ灰斑病菌では $44.5 \mu\text{g/ml}$ であったのに対して, インゲンマメ炭そ病菌では $7.5 \mu\text{g/ml}$ であり, 非病原菌が強い阻害をうけた. また, 同一

Table 5. Inhibitory action of aucuparin against multiplication of bacteria in shake culture

Bacteria tested	Aucuparin	Incubation time (hr)	
		0	24
	1 ^{a)}	+	$2 \times 10^{7c)}$
	2	+	4.2×10^9
	12	+	4.7×10^9
	34	+	5.8×10^9
	56	+	5.9×10^9
	109	+	3.6×10^9
		+	2.9×10^9
		+	8.2×10^9
		+	9.0×10^9
		+	9.5×10^9
		+	9.3×10^9
		+	6.2×10^9
		+	6.9×10^9
		+	6.0×10^7
		+	9.0×10^9
		+	6.0×10^7
		+	9.5×10^9
		+	3.0×10^8
		+	9.2×10^{10}
		+	5.6×10^8
		+	1.2×10^{10}
		+	8.0×10^7
		+	5.8×10^9
		+	9.5×10^7
		+	8.0×10^9
		+	8.0×10^7
		+	5.2×10^9
		+	9.0×10^7
		+	6.5×10^9
		+	9.0×10^7
		+	9.8×10^9
		+	8.2×10^8
		+	2.7×10^{10}
		+	8.0×10^7
		+	9.6×10^9

a) Isolate number of *P. syringae* pv. *erobotryae*

b) + : aucuparin containing medium, - : aucuparin not containing medium

c) Cell number of bacterium/ml of medium

濃度では発芽管長に対する阻害作用の方が、発芽に対するよりも強く現われた。

3. 細菌に対する増殖阻害

1) 振とう培養による増殖阻害: Table 5 に示すように、ビワがんしゅ病菌 (*Pseudomonas syringae* pv. *eriobotryae*) の6菌株はいずれも aucuparin 濃度 25 $\mu\text{g/ml}$ では全く増殖阻害をうけず、aucuparin 無添加培地の場合と同様の増殖がみられた。これに対し、供試したビワの非病原菌11種はすべて強い増殖阻害をうけ、全く増殖がみられないか、増殖してもわずかであった。

2) 平面培養による増殖阻害: カップ法を用いての平面培養での増殖阻害を示したものが Table 6 である。供試したビワの非病原菌11種ではすべて aucuparin 濃度 10 $\mu\text{g/ml}$ で明瞭な阻止円がみられ、50, 100 $\mu\text{g/ml}$ ではそれがさらに大きくなり、かつ、明瞭となった。これに対し、ビワがんしゅ病菌の場合は供試した3菌株とも 10 $\mu\text{g/ml}$ では阻止円は形成されず、50, 100 $\mu\text{g/ml}$ でわずかに形成されたが、その大きさは小さく、かつ不明瞭であった。

Table 6. Inhibition zone for multiplication of bacteria in media by aucuparin

Bacteria tested		Concentration of aucuparin ($\mu\text{g/ml}$)			
		0	10	50	100
	1 ^{a)}	0	0	8.0 ^{b)}	8.5
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>eriobotryae</i>	34	0	0	8.0	8.5
	109	0	0	8.0	8.5
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>		0	7.0	11.0	13.5
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>citri</i>		0	9.5	11.5	13.5
<i>Pseudomonas marginalis</i> pv. <i>marginalis</i>		0	8.5	10.5	12.0
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>		0	9.5	11.0	13.0
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i>		0	7.5	8.5	9.5
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>mori</i>		0	9.5	11.0	12.0
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>		0	9.5	11.0	12.0
<i>Pseudomonas solanacearum</i>		0	8.5	9.5	10.5
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>		0	8.0	8.5	10.0
<i>Bacillus subtilis</i>		0	7.5	9.5	10.0
<i>Ewinia aerogenes</i>		0	7.5	9.0	10.0

a) Isolate number of *P. syringae* pv. *eriobotryae*

b) Diameter of inhibition zone (mm)

考 察

ビワ樹枝のじん皮部に植物病原菌の孢子浮遊液を接種して24時間おくと、ファイトアレキシンの生成がみられることを筆者らは先に報告し^{3,4)}、その後渡辺らとの共同研究¹⁵⁾により、このファイトアレキシンが aucuparin であることを明らかにした。

本実験ではまず前報^{3,4)}と同様の drop-diffusate 法により、抗菌物質をビワ樹枝じん皮部に生成させ、その滲出液が孢子発芽と菌糸伸長に対して阻害作用を有することを確認、次に TLC で純化した抗菌物質について紫外吸収スペクトルによる検討を行なった。その結果、この抗菌物質は既報¹⁵⁾の結果と一致したことから、aucuparin であると同定された。ただ、本実験では TLC の Rf 値が0.75で、前報¹⁵⁾ (Rf=0.62~0.65)と異なる値を示したが、これはプレートその他の実験上の条件の相違によるものと思われる。

得られた aucuparin の糸状菌に対する抗菌性についてみると，ビワに病原性を有する灰斑病菌および芽枯病菌の胞子発芽に対する ED_{50} は $82 \mu\text{g/ml}$ であったのに対し，非病原菌のそれは $10\sim 48 \mu\text{g/ml}$ と低く，このことから，非病原菌は病原菌に比べて強い阻害を受けることが明らかとなった．細菌に対しても同様の傾向がみられ， $25 \mu\text{g/ml}$ ではビワがんしゅ病菌は全く阻害されなかったのに対し，非病原菌は強い阻害をうけて，ほとんど増殖しなかった．白田¹⁴⁾らは，クワの皮層部から抽出したファイトアレキシシン (moracin) の抗菌性について検討し，クワの病原菌はその病原性の強さに比例してそのファイトアレキシシンに耐性であることを報告している．このようなファイトアレキシシンが一般に有している抗菌性の特異性は，本実験の結果が示すように aucuparin においても認められた．

イソフラボノイド化合物のファイトアレキシシンである kieviton はグラム陰性菌を阻害しないという報告¹⁾があるが，aucuparin は非病原菌であれば，グラム陰性，陽性のいずれの菌に対しても，すべてその増殖を阻害した．このことから，aucuparin は細菌に対しても幅広い抗菌スペクトラムを有すると思われる．

アカマツのじん皮部から得られたファイトアレキシシンである pinosylvin と pinosylvin monomethyl ether は，それが感染を受けない場合にもその木質部にはわずかながら存在するといわれているが^{12,13)}，aucuparin の場合には健全ビワ樹枝からは全く検出されなかった．一方，ビワ樹枝じん皮部にインゲンマメ炭そ病菌を接種した場合には，aucuparin の他に，抗菌性を示す minor 成分として hydroxy aucuparin と，その他にいくつかの抗菌物質が微量ながら存在することがわかっている (未発表)．従って，aucuparin はビワのファイトアレキシシンの major 成分といえることができる．

Aucuparin はビワ葉にがんしゅ病菌を接種した場合にも生成され，その生成は葉上における病斑形成と抵抗性の誘導に密接に関係していることが知られている⁵⁾．また，病原菌をじん皮部に接種した場合，抵抗性品種ほど褐変が強く起り，aucuparin の生成量も多いことがわかっている⁶⁾．このように，aucuparin の生成はビワの抵抗現象と深く関連していることから，抵抗性の機作を解明する上からも aucuparin は重要な物質と思考される．一方，この aucuparin はナナカマド (*Sorbus aucuparia* L.) の木質部に含まれる常成分として報告されている既知物質である^{10,11)}．ビワとナナカマドはいずれもバラ科に属する植物であるが，同一科の植物であっても，ある植物に生成されるファイトアレキシシン (常成分としては存在しない) が，他の植物の常成分として存在しているというファイトアレキシシンはほとんど報告されていない．このことから，aucuparin は特異的なファイトアレキシシンと考えられ，ビワ以外のバラ科植物のファイトアレキシシンと比較し，それらの関連性を検討する必要がある．

摘 要

ビワのファイトアレキシシンの 1 種である aucuparin がビワ枝じん皮部にインゲンマメ炭そ病菌の胞子浮遊液を接種すると 24 時間後に生成された．じん皮部から得た滲出液中の aucuparin は紫外部吸収スペクトルで極大値 273 nm ，極小値 245 nm を示すこと，および薄層クロマトグラフィにより，ヘキサン：酢酸エチル：メタノール (60: 40: 1, v/v) で展開したプレート上の R_f 値 0.75 の部位に抗菌活性がみられることから確認された．ビワの非寄生糸状菌の胞子発芽および発芽管長に対する aucuparin の阻害はその濃度 $10\sim 100 \mu\text{g/ml}$ でビワの寄生糸状菌より非常に強く現れた．細菌の場合も同様に，非寄生細菌の増殖は，aucuparin 濃度 $25 \mu\text{g/ml}$ で完全に抑制されたのに対し，寄生細菌であるビワがんしゅ病菌の増殖はほとんど影響をうけなかった．こ

これらの結果から, aucuparin は他の多くのファイトアレキシンと同様に, その抗菌活性に特異性を有することが明らかとなった。

引用文献

- 1) De Wit, P. J. G. M. and W. Flach (1979). Differential accumulation of phytoalexin in tomato leaves but not in fruits after inoculation with virulent and avirulent race of *Cladosporium fulvum*. *Physiol. Pl. Path.* 15:257-267.
- 2) Friend, J. and D. R. Threlfall (1976). *Biochemical aspects of plant-parasite relationships*. 208-289. Academic Press.
- 3) 森田 昭 (1979). ビワじん皮部から得たファイトアレキシン様物質 (要旨). 九病虫研会報 25: 165-166.
- 4) 森田 昭・野中福次・牧角啓一 (1980). ビワ樹枝じん皮部に生成されるファイトアレキシンについて (要旨). 日植病報46 (3): 386.
- 5) 森田 昭・野中福次 (1980). ビワがんしゅ病菌のビワ葉上での増殖とファイトアレキシン (PA) との関係 (要旨). 日植病報46 (3): 404.
- 6) 森田 昭 (1980). ビワのファイトアレキシンとがんしゅ病菌の系統および品種との関係. 九病虫研会報26: 75-77.
- 7) 野中福次・松崎正文 (1975). Pisatin の病原菌胞子発芽に対する阻害作用と病原菌胞子による pisatin の不活化. 佐大農彙39: 64-74.
- 8) Nonaka, F. and M. Matsuzaki (1976). Production of hydroxyphaseollin in soybean leaves infected with the leaf blight bacterium, *Xanthomonas phaseoli* var. *sojae* and its antifungal action. *Agr. Bull. Saga Univ.* 40:1-10.
- 9) 野中福次・渡辺敬介・牧角啓一 (1982). ビワのファイトアレキシンの一種 aucuparin について (要旨). 日植病報48 (1): 88.
- 10) Norin, T., H. Erdtman and G. Eriksson (1961). Phenolic biphenyl derivatives from the heartwood of *Sorbus aucuparia* L. *Acta Chem.* 15:1769.
- 11) Norin, T. and M. Nilsson (1963). Syntheses of aucuparin and methoxyaucuparin. *Acta Chem. Scand.* 17:1157-1159.
- 12) Shain, L. and W. E. Hillis (1967). Resistance of sapwood in stem of loblolly pine to infection by *Fomes annosus*. *Phytopathology* 57:1034-1045.
- 13) Shain, L. and W. E. Hillis (1971). Phenolic extractives in norway spruce and their effects on *Fomes annosus*. *Phytopathology* 61:851-845.
- 14) 白田 昭 (1978). クワ枝皮層組織におけるファイトアレキシンの生成. 日植病報44: 485-492.
- 15) Watanabe, K., Y. Ishiguri, F. Nonaka and A. Morita (1982) Isolation and identification of aucuparin as a phytoalexin from *Eriobotryae japonica* L. *Agric. Biol. Chem.* 46:567-568.